10.22092/spj.2022.359110.1272

20.1001.1.20086954.1401.38.1.2.5

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۸، شماره ۱، سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

ویژگی‌های مورفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک برخی ژنوتیپ‌های امیدبخش پکان (*Carya illinoinensis*) در دزفول

Morphological, Phenological and Pomological Characteristics of Some Promising Pecan (*Carya illinoinensis*) Genotypes in Dezful in Iran

فریدون عجم گرد[۱*]، مینا غزاییان[۲]، احمدعلی شوشی دزفولی[۳] و روح اله یاوری نژاد[۴]

۱ و ۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.
۲- پژوهشگر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
۴- کارشناس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴

چکیده

عجم گرد، ف.، غزاییان، م.، شوشی دزفولی، ا. ع. و یاوری نژاد، ر. ۱۴۰۱. ویژگی‌های مورفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک برخی ژنوتیپ‌های امیدبخش پکان (*Carya illinoinensis*) در دزفول. **مجله نهال و بذر ۳۸:** ۵۲-۳۳.

پکان (*Carya illinoinensis*) یا گردوی گرمسیری، با ارزش غذایی بالا، از جمله میوه‌های خشک است که در مناطق نیمه گرمسیری کشور قابل کشت می باشد. با هدف دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار پکان، ۵۰ اصله درخت بذری بارده پکان، که ۵۰ سال پیش کشت شده اند، در شرایط آب و هوایی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ دزفول در استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد ژنوتیپ های P200-7 و P200-8 به ترتیب با ۱۴/۳ و ۴/۲ گرم درشت‌ترین و ریزترین میوه را داشتند. ژنوتیپ P220-2-1 بیشترین و ژنوتیپ های P200-9 و P220-2-5 به ترتیب کمترین درصد میوه‌های پوک را داشتند. مغز در ژنوتیپ های P200-1 و P200-10 به سهولت جدا می‌شد در صورتیکه در ژنوتیپ های P200-3 و P200-31 جدا شدن مغز بسیار سخت بود. ژنوتیپ های P200-1 و P220-2-5 زودرس‌ترین و ژنوتیپ P200-23 دیررس‌ترین بودند. بالاترین شاخص عملکرد را ژنوتیپ های P200-23، P220-1-1 و P200-9 به ترتیب با ۶۵، ۴۹ و ۳۹ گرم بر سانتی‌مترمربع سطح مقطع تنه داشتند. نتایج ارزیابی تحمل به تنش گرمای ژنوتیپ‌های مختلف پکان مورد ارزیابی نشان داد که ۴۰ تا ۷۰ درصد سرشاخه‌های همه ژنوتیپ‌ها در تابستان ۱۴۰۰ با ۴۳۰ ساعت دمای بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد دچار خشکیدگی شدند. درصورتی‌که سرشاخه‌های ژنوتیپ P200-23 آسیب ندیدند. همچنین نتایج نشان داد درصد خسارت تنش گرما با شاخص عملکرد میوه ($r = 0.311^*$) و رنگ مغز ($r = 0.323^*$) همبستگی مثبت معنی دار داشت. بین ضخامت پوست و سهولت جدا شدن مغز همبستگی مثبت بسیار معنی دار ($r = -0.597^{**}$) مشاهده شد. همچنین همبستگی بین میانگین وزن میوه با طول میوه ($r = 0.386^{**}$) و عرض میوه ($r = 0.440^{**}$) مثبت بسیار معنی‌دار بود. در تجزیه به عامل‌ها، طول میوه، ضخامت پوسته، درصد پوکی، وزن میوه، عملکرد و درصد خسارت تنش گرما مجموعا ۶۷ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص دادند. در نهایت ژنوتیپ P200-23 با عملکرد بالا، مغز با رنگ طلایی روشن و تحمل بسیار بالا در برابر تنش گرما و همچنین ژنوتیپ P220-1-1 با عملکرد بالا و درصد پوکی پایین به عنوان ژنوتیپ های امید بخش پکان برای بررسی های تکمیلی در آینده شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی : پکان، خسارت تنش گرما، پوکی میوه، وزن میوه، عملکرد میوه.

* نگارنده مسئول: ajamgard.dezful@yahoo.com تلفن: ۰۶۱۴۲۳۸۸۰۴۳

مقدمه

پکان (*Carya illinoinensis*) یا گردوی گرمسیری، با ارزش غذایی بالا، از جمله میوه‌های خشک است که در مناطق نیمه گرمسیری کشور قابل کشت می باشد. منشاء پکان امریکای شمالی و مرکزی بویژه سواحل رودخانه می‌سی‌سی‌پی و ایالت تگزاس است. در سال ۱۳۴۶، تعدادی نهال پیوندی از ۱۲ رقم از کشور امریکا وارد و در باغ کلکسیون پکان مرکز تحقیقات کشاورزی جنوب غرب کشور (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول کنونی) کشت شدند. با به بار نشستن تدریجی درختان، بذر این ارقام به تدریج در مناطق مختلف استان خوزستان و به ویژه باغ‌های قدیمی دزفول کاشته شدند (Ajamgard *et al.*, 2013).

انتخاب ژنوتیپ‌های برتر به عنوان مهم‌ترین روش اصلاح درختان میوه از اواسط قرن ۱۹ در درختان پکان آغاز شده است. انتخاب ژنوتیپ‌های برتر پکان از بین توده‌های بذری در سال ۱۹۴۰ با معرفی رقم استوارت ('Stuart') در امریکا انجام شد **(**Conner and Worley, 2000**)**. رقم استوارت به عنوان یک رقم متحمل به فقر حاصلخیزی خاک و کم آبی در باغ‌های بذری ایالت جورجیا انتخاب شد (Sparks, 1997). رقم دزایربل ('Desirable') با عملکرد بالا و رنگ روشن مغز، با تلاقی‌های متعدد توسط یک تولیدکننده نهال بدست آمد (Sparks, 1997).

این رقم اگرچه از نظر کیفیت و عملکرد نسبت به رقم استوارت برتری داشت اما نیازمند تغذیه و آبیاری منظم بود. تا سال ۱۹۶۰ این دو رقم تقریبا نیمی از کل باغ‌های پکان امریکا را به خود اختصاص داده بودند (Florkowski *et al.*, 1999).

مناطق تولید پکان در دنیا در دو اقلیم معتدل مرطوب و گرم خشک قرار دارند و از سال‌های گذشته برنامه به نژادی ارقام پکان متناسب با هر اقلیم در ایالات متحده آمریکا دنبال شد. مناطق گرم و خشک مانند ویزالیای کالیفرنیا، بخشی از ایالت‌های آرکانزاس و تکزاس نیاز به ارقام متحمل با دمای بالا داشتند (Sparks, 2000). همچنین در مناطق پرباران، مقاومت در برابر بیماری‌ها به ویژه بیماری اسکب (Scab) با عامل بیماری *Cladosporium Caryigenum* بسیار اهمیت داشت. استفاده از درختان بذری در برنامه‌های به نژادی فرصت با ارزشی برای تولید ارقام پکان با عملکرد بالا و صفاتی مانند مقاومت در برابر بیماری ایجاد می کند (Graham, 2015).

مهمترین اهداف برنامه‌های به نژادی پکان در ایالات متحده آمریکا در درجه اول تحمل ژنوتیپ‌های انتخابی به بیماری اسکب بود. درشتی میوه، درصد بالای مغز، رنگ طلایی روشن مغز و سهولت جدا شدن مغز از اهداف بعدی این برنامه‌ها بوده است (Conner and Worley, 2002). در سال‌های بعد، ارقام دیگری از جمله سامنر ('Sumner')، پانی

('Pawnee') و کیپ فیر ('Cape Fear') در برنامه‌های به نژادی از طریق ارزیابی ژنوتیپ‌های بذری انتخاب و معرفی شدند (Thampson and Grauke, 2000).

تاکنون در برنامه‌های به نژادی باغ تحقیقاتی پکان در ایالت تگزاس بیش از ۱۵ رقم از توده‌های بذری از جمله رقم‌های کندی ('Candy')، مارامی ('Maramee')، ملرز ('Melrose')، موریلند ('Moreland')، سامنر ('Sumner') و وسترن‌شلی ('Western Schley') معرفی شده‌اند (Conner and Worley, 2000).

عجم‌گرد و همکاران (Ajamgard *et al.*, 2013) با ارزیابی ۱۴ رقم پکان در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، ارقام پرمحصول و سازگار گراکینگ ('Gra King')، گراتکس ('GraTex')، ویچیتا ('Wichita')، چوکتا ('Choctaw') و ۱۰ جی ('J 10') را معرفی کردند. غزاییان (Ghazaeian, 2014) خصوصیات رویشی و زایشی ۹۵ ژنوتیپ پکان را در سه سال در استان گلستان ارزیابی کرد و شش ژنوتیپ جی۲ (G2)، جی۳ (G3)، جی۴ (G4)، جی۱۹ (G19)، جی ۲۰ (G20) و جی۲۸ (G28) از نظر خصوصیات تجاری میوه و مغز، ضخامت پوسته چوبی، وزن میوه و مغز و ویژگی‌های رویشی به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند. عجم‌گرد (Ajamgard, 2013) در پژوهشی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، دانهال‌های (دانهال‌های نیمه خواهری) حاصل از ارقام پکان را ارزیابی و دانهال های با تحمل بالا نسبت به تنش گرما را شناسایی کرد.

شرایط اقلیمی خوزستان امکان غربالگری ژنوتیپ‌های بذری پکان در شرایط طبیعی را که در سال‌های گذشته در سطح باغ‌های منطقه کشت شده اند و به تدریج به بار نشسته‌اند را فراهم ساخته است. در این پژوهش، ویژگی‌های فنولوژیک، مورفولوژیک و پومولوژیک برخی از این ژنوتیپ‌های پکان مورد ارزیابی قرار گرفت و تک درختان برتر از نظر عملکرد و تحمل به تنش گرما شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

با هدف دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول پکان، درختان بذری بارده پکان، که از ۵۰ سال پیش در باغ های منطقه دزفول کشت شده اند، در شرایط آب و هوایی دزفول در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پژوهش شاخص‌های رشدی و خصوصیات مورفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک ۵۰ اصله درخت بالغ بذری بر اساس توصیف نامه پکان (Grauke *et al.*, 1996) به شرح زیر مورد ارزیابی گرفت:

دور تنه: دورتنه درختان از ارتفاع یک متری از سطح خاک با استفاده از متر اندازه گیری

شد.

سطح مقطع تنه: با اندازه گیری قطر تنه، سطح مقطع تنه بر حسب سانتی‌مترمربع اندازه گیری شد.

نوع ناهمرسی گرده‌افشانی: بر اساس جدول گرده‌افشانی (Ajamgard *et al.*, 2017) نوع ناهمرسی (Dichogamy) ژنوتیپ‌ها در دو دسته نرپیش‌رس (Protandry) و ماده‌پیش‌رس (Protogyny) تعیین شد.

میانگین وزن میوه: چهل عدد میوه که بصورت تصادفی از چهار قسمت تاج درخت تهیه و بوسیله ترازو با دقت یک صدم وزن شدند و میانگین وزن میوه تعیین گردید.

ضخامت پوسته چوبی، قطر و طول میوه: برای اندازه گیری ضخامت پوست سخت، قطر و طول میوه از کولیس دیجیتال استفاده شد.

رنگ مغز: رنگ مغز میوه بر اساس استاندارد توصیفی رنگ تامی و همکاران (Tommy *et al.*, 1996) از طلایی روشن تا قهوه ای تیره دسته‌بندی شدند.

سهولت جدا شدن مغز: چهل میوه از هر ژنوتیپ پوست گیری شد. میزان سهولت جدا شدن مغز از بسیار راحت (امتیاز ۹) تا کاملا سخت (امتیاز ۱) گروه بندی شدند.

میانگین عملکرد، عملکرد تجمعی سه ساله و شاخص عملکرد: زمانی که میوه هر ژنوتیپ بر اساس استاندارد توصیفی پکان به مرحله رسیدن فیزیولوژیک رسید، میوه هر درخت بطور کامل برداشت و توزین شد. میزان عملکرد در هر سال و در نهایت مجموع عملکرد سه ساله هر ژنوتیپ تعیین شد. از تقسیم مجموع عملکرد (گرم) بر سطح مقطع تنه (سانتی‌متر مربع)، شاخص عملکرد محاسبه شد.

زمان رسیدن میوه: زمانی که دو سوم پوشینه یا پوسته سبز میوه خشک و شکوفا شد به عنوان زمان رسیدن آن ژنوتیپ یادداشت شد. بدین منظور زمان رسیدن میوه در ژنوتیپ‌های پکان از زودرس (اوایل آذر)، میان‌رس (اواسط آذر)، دیررس (اوایل دی) و بسیار دیررس (بعد از اواسط دی) گروه بندی شدند.

زمان خزان: از اواخر مهر وضعیت خزان ژنوتیپ‌ها ثبت و زمانی که ۷۰ درصد برگ‌ها خزان کردند به عنوان زمان خزان ثبت شد.

تعیین خسارت تنش گرما: در هر سال با استفاده از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک صفی آباد، مجموع ساعت‌های با دمای ۴۰-۳۵، ۴۵-۴۰، ۵۰-۴۵ و بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. در اوایل پاییز و قبل از آغاز خزان، وضعیت خسارت در برگ‌ها، سرشاخه‌ها و شاخه‌های یکساله در هر ژنوتیپ در چهار طرف تاج درخت مورد بررسی قرار گرفت. نسبت شاخه ها و برگ‌های آسیب دیده به کل تاج درخت تعیین شد. برای هر ژنوتیپ، میزان

خسارت از میانگین چهار عدد از چهار قسمت تاج بدست آمد و در نهایت خسارت برحسب درصد یادداشت شد

همبستگی ساده پیرسون بین صفات و تجزیه کلاستر با استفاده از نرم افزار SPSS (Version 21.0) انجام شد. تجزیه کلاستر و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش وارد (Ward's method) و یا حداقل واریانس بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی و محاسبه فواصل بعد از نرمال کردن داده‌ها انجام گرفت. ژنوتیپ‌ها در فاصله‌های ۵ و ۱۰ اقلیدسی گروه بندی شدند.

تجزیه به عامل‌ها بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (Version 16) انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی ۰/۷ به بالا معنی‌دار درنظر گرفته شدند. تجزیه کلاستر و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش وارد یا حداقل واریانس و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی به عنوان معیار فاصله انجام شدو محاسبه فواصل پس از استاندارد کردن داده‌ها صورت گرفت.

نتایج

در این پژوهش، ژنوتیپ‌های پکان در سطح باغ‌های قدیمی منطقه دزفول پلاک گذاری شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در جداول ۱ و ۲ خصوصیات موفولوژیک، فنولوژیک، پومولوژیک و عملکرد ۵۰ ژنوتیپ بارده پکان ارائه شده است. ژنوتیپ های P200-7 و P200-8 به ترتیب با ۱۴/۳ و ۴/۲ گرم درشت ترین و ریزترین میوه را داشتند (جدول ۱). ژنوتیپ P220-2-1 بیشترین و ژنوتیپ های P200-9 و P220-2-5 کمترین درصد میوه‌های پوک را داشتند. مغز در ژنوتیپ های P200-1 و P200-10 با سهولت کامل جدا می‌شد در صورتی که در ژنوتیپ های P200-3 و P200-31 جدا شدن مغز بسیار سخت بود (جدول ۲). زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها P200-1 و P220-2-5 بودند در صورتی که میوه در ژنوتیپ P200-23 بسیار دیررس بود و در نیمه دوم دی رسید. بالاترین شاخص عملکرد را ژنوتیپ های P200-23، P220-1-1 و P200-9 به ترتیب با ۶۵، ۴۹ و ۳۹ گرم بر سانتی‌مترمربع از سطح مقطع تنه داشتند (جدول۲). میوه ژنوتیپ‌های مختلف از کاملا کشیده تا کاملا گرد بود (شکل ۱). رنگ مغز از طلایی تا قهوه ای تیره و ضخامت پوست چوبی میوه از نازک تا ضخیم تغییرات نشان داد (جدول ۲ و شکل ۱).

ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی نشان داد که بین برخی از صفات همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که همبستگی بین درصد خسارت تنش گرما با شاخص عملکرد ($r = 0.311^*$) و رنگ مغز ($r = 0.323^*$) مثبت معنی‌دار بود. بین ضخامت پوست و سهولت جدا شدن مغز همبستگی منفی بسیارمعنی دار ($r = 0.597^{**}$) وجود داشت. همچنین همبستگی بین میانگین وزن میوه با طول میوه ($r = 0.386^{**}$) و عرض میوه ($r = 0.440^{**}$) مثبت بسیارمعنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۱- ویژگی‌های موفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک ژنوتیپ‌های پکان در دزفول (۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Table 1. Morphological, phenological and pomological characteristics of pecan genotypes in Dezful (2019-2021)

شماره ژنوتیپ Genotype no.	کد ژنوتیپ Genotype code	طول میوه (میلی متر) Nut length (mm)	عرض میوه (میلی متر) Nut width (mm)	نسبت طول: عرض میوه Nut lengtht: width ratio	دور تنه (سانتی متر) Trunk circumference (cm)	ارتفاع (متر) Height (m)	زمان بازشدن جوانه‌ها Buds breaking time	زمان خزان برگ Leaf falling time	ناهمرسی Dichogamy
1	P200-1	40	23	1.73	88	8.0	Early	Early January	Protandrous
2	P200-2	39	22	1.71	52	4.0	Early	Early January	Protandrous
3	P200-3	28	20	1.47	82	6.0	Medium	Early January	Protandrous
4	P200-4	32	22	1.48	103	9.0	Late	Early January	Protandrous
5	P200-6	39	25	1.58	69	7.0	Medium	Late January	Protogynous
6	P200-7	39	27	1.46	74	8.0	Medium	Early January	Protogynous
7	P200-8	30	19	1.61	70	6.0	Medium	Early January	Protogynous
8	P200-9	30	23	1.27	74	7.0	Medium	Late December	Protandrous
9	P200-10	39	22	1.73	86	8.0	Late	Early January	Protogynous
10	P200-11	37	24	1.55	65	6.0	Medium	Early January	Protogynous
11	P200-13	46	27	1.70	54	4.0	Medium	Mid-December	Protandrous
12	P200-14	37	23	1.63	55	5.0	Late	Early January	Protandrous
13	P200-20	42	24	1.77	79	8.0	Medium	Early January	Protandrous
14	P200-21	38	24	1.62	79	8.0	Medium	Late January	Protandrous
15	P200-22	39	25	1.56	89	8.5	Early	Early January	Protogynous
16	P200-23	42	25	1.68	103	9.5	Medium	Late January	Protogynous
17	P200-24	39	24	1.65	83	8.5	Medium	Early January	Protandrous
18	P200-25	36	25	1.44	80	8.4	Medium	Early January	Protandrous
19	P200-26	36	24	1.54	92	8.0	Medium	Late December	Protogynous
20	P200-27	42	25	1.68	92	8.0	Medium	Early January	Protogynous
21	P200-28	38	24	1.63	81	7.0	Medium	Late January	Protogynous
22	P200-29	35	23	1.56	89	6.0	Medium	Early January	Protogynous
23	P200-30	37	23	1.59	50	4.5	Medium	Mid-December	Protandrous
24	P200-31	40	24	1.66	80	7.0	Medium	Mid-December	Protandrous
25	P200-32	40	23	1.70	65	5.5	Medium	Mid-December	Protogynous
26	P220-1-1	40	22	1.60	122	14.5	Medium	Late January	Protogynous

Table 1 . Continued. ادامه جدول ۱-

شماره ژنوتیپ Genotype no.	کد ژنوتیپ Genotype code	طول میوه (میلی متر) Nut length (mm)	عرض میوه (میلی متر) Nut width (mm)	نسبت طول: عرض میوه Nut length: width ratio	دور تنه (سانتی متر) Trunk circumference (cm)	ارتفاع (متر) Height (m)	زمان بازشدن جوانه‌ها Buds breaking time	زمان خزان برگ Leaf falling time	ناهمرسی Dichogamy
27	P220-1-2	37	21	1.71	165	19.0	Medium	Early January	Protogynous
28	P220-1-3	34	22	1.51	129	19.0	Medium	Mid-December	Protogynous
29	P220-1-4	37	22	1.71	136	15.5	Medium	Mid-December	Protandrous
30	P220-1-5	31	24	1.60	116	14.5	Medium	Late January	Protandrous
31	P220-1-6	40	21	1.86	135	14.5	Medium	Mid-December	Protogynous
32	P220-1-7	37	22	1.70	73	8.0	Medium	Early January	Protogynous
33	P220-1-8	39	24	1.60	96	8.0	Medium	Early January	Protogynous
34	P220-1-9	40	21	1.86	80	6.0	Medium	Early January	Protogynous
35	P220-1-10	36	24	1.45	100	6.5	Medium	Early January	Protandrous
36	P220-1-11	44	23	1.90	89	6.5	Medium	Early January	Protogynous
37	P220-2-1	35	22	1.54	200	19.0	Medium	Late January	Protogynous
38	P220-2-2	36	22	1.61	115	16.5	Medium	Mid-December	Protogynous
39	P220-2-3	33	22	1.52	130	8.5	Medium	Mid-December	Protogynous
40	P220-2-4	37	22	1.70	115	8.0	Medium	Late January	Protogynous
41	P220-2-5	32	22	1.41	161	17.5	Medium	Early January	Protogynous
42	P220-2-6	39	23	1.69	132	14.5	Medium	Late January	Protogynous
43	P220-2-7	39	24	1.62	166	14.5	Medium	Early January	Protogynous
44	P220-2-9	38	24	1.73	140	12.5	Medium	Late January	Protandrous
45	P220-2-10	40	25	1.60	90	8.5	Medium	Mid-December	Protogynous
46	P220-2-11	40	25	1.60	100	10.0	Medium	Early January	Protogynous
47	P220-2-13	30	22	1.35	70	6.5	Medium	Early January	Protogynous
48	P220-2-14	30	21	1.45	162	13.0	Medium	Early January	Protandrous
49	P220-2-16	30	22	1.35	155	9.5	Medium	Late January	Protogynous
50	P220-2-17	30	21	1.45	120	8.0	Medium	Early January	Protogynous
Minimum	کمینه	28	19	-	-	-	1	1	1
Maximum	بیشینه	46	27	-	-	-	5	3	7
Mean	میانگین	36.90	23.00	-	-	-	3.16	1.80	4.48
Standard error	اشتباه معیار	0.563	0.227	-	-	-	0.096	0.095	0.423
Standard deviation	انحراف معیار	3.980	1.604	-	-	-	0.681	0.670	2.991
Variance	واریانس	15.850	2.571	-	-	-	0.464	0.449	8.949

جدول ۲- ویژگی‌های کمی و عملکرد ژنوتیپ‌های پکان در دزفول (۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Table 2. Quantitative characteristics and yield of pecan genotypes in Dezful (2019-2021)

شماره ژنوتیپ Genotype no.	کد ژنوتیپ Genotype code	وزن میوه (گرم) Nut weight (g)	ضخامت پوست میوه Shell thickness	درصد میوه های پوک Blank nuts (%)	سهولت جدا شدن مغز * Kernel removal *	زمان رسیدن میوه Fruit ripening time	عملکرد (کیلوگرم در درخت) Yield (kg tree^{-1}) 2019	2020	2021	مجموع عملکرد سه سال (کیلو گرم در درخت) Total yield (kg tree^{-1})	شاخص عملکرد (گرم بر سانتی متر مربع) Yield index g cm^{-2}	رنگ مغز Kernel color	خسارت تنش گرما (٪) Heat stress demage (%)
1	P200-1	9.1	Thick	20	9	Early December	3	10	7	20	32	Medium brown	67
2	P200-2	7.7	Medium	30	7	Early December	1	1	3	5	23	Medium brown	78
3	P200-3	5.0	Thick	20	3	Early December	1	5	1	7	13	Medium brown	87
4	P200-4	6.6	Thick	30	6	Early December	1	0	1	2	2	Medium brown	96
5	P200-6	9.9	Medium	70	8	Early December	2	2	4	8	21	Medium brown	68
6	P200-7	14.3	Medium	35	6	Mid- December	0	2	2	4	14	Medium brown	90
7	P200-8	4.2	Medium	20	6	Early December	3	1	2	6	15	Medium brown	93
8	P200-9	8.9	Medium	10	8	Mid- December	3	6	8	17	39	Dark brown	48
9	P200-10	7.2	Thin	25	9	Mid- December	2	5	4	11	19	Medium brown	75
10	P200-11	7.8	Medium	25	7	Early December	1	7	2	10	30	Medium brown	97
11	P200-13	9.3	Thick	25	6	Early December	1	1	1	3	13	Dark brown	90
12	P200-14	8.2	Thick	25	5	Early December	1	1	1	3	12	Medium brown	88
13	P200-20	8.9	Medium	50	7	Early December	1	3	2	6	12	Medium brown	80
14	P200-21	9.6	Thin	20	8	Early December	1	1	1	3	6	Medium brown	68
15	P200-22	10.1	Medium	40	7	Early December	0	1	1	2	3	Medium brown	80
16	P200-23	9.5	Medium	30	6	Late December	18	12	25	55	65	Golden bright	100
17	P200-24	10.7	Thin	20	8	Early December	7	3	4	14	16	Medium brown	85
18	P200-25	10.5	Thick	15	6	Early December	0	2	1	3	6	Medium brown	93
19	P200-26	8.9	Thick	20	5	Mid- December	0	4	2	6	9	Medium brown	87
20	P200-27	11.3	Medium	20	7	Mid- December	0	3	2	5	7	Medium brown	92
21	P200-28	8.8	Medium	30	5	Early December	0	0	1	1	2	Medium brown	55
22	P200-29	6.3	Medium	25	7	Mid-December	8	2	7	17	27	Light brown	75
23	P200-30	7.1	Medium	30	6	Early December	0	2	0	2	10	Medium brown	91
24	P200-31	9.4	Thick	45	3	Late December	1	2	5	8	16	Medium brown	66
25	P200-32	6.5	Medium	30	6	Early December	0	0	1	1	3	Medium brown	88
26	P220-1-1	8.7	Thin	25	8	Late December	20	16	22	58	40	Medium brown	80

*Pecan genotypes were grouped for kernel removal into: 1 (very hard) to 9 (very easy).

*ژنوتیپ‌های پکان از نظر سهولت جدا شدن مغز از پوست: ۱ (بسیار سخت) تا ۹ (بسیار راحت) گروه بندی شدند.

Table 2. Continued.

ادامه جدول ۲-

شماره ژنوتیپ Genotype no.	کد ژنوتیپ Genotype code	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	ضخامت پوست میوه Shell thickness	درصد میوه پوک Blank nut (%)	سهولت جدا شدن مغز* Kernel removal *	زمان رسیدن میوه Fruit ripening time	عملکرد (کیلوگرم در درخت) Yield (kg tree^{-1})			مجموع عملکرد سه سال (کیلوگرم در درخت) Total yield (kg tree^{-1})	شاخص عملکرد (گرم بر سانتی متر مربع) Yield index g cm^{-2}	رنگ مغز Kernel color	خسارت تنش گرما (٪) Heat stress damage (%)
							2019	2020	2021				
27	P220-1-2	5.9	Thin	10	8	Late December	7	6	8	21	10	Medium brown	70
28	P220-1-3	6.5	Thick	10	5	Late December	3	6	1	10	8	Medium brown	70
29	P220-1-4	6.8	Thick	30	4	Early December	6	5	1	12	8	Medium brown	70
30	P220-1-5	7.3	Medium	35	5	Early December	3	7	1	11	10	Medium brown	70
31	P220-1-6	7.0	Medium	20	6	Early December	1	1	1	3	2	Medium brown	75
32	P220-1-7	8.0	Medium	30	6	Early December	1	0	1	2	3	Medium brown	55
33	P220-1-8	7.0	Medium	30	5	Early December	0	0	1	1	2	Medium brown	55
34	P220-1-9	7.5	Medium	25	5	Early December	0	1	1	2	3	Medium brown	55
35	P220-1-10	7.7	Medium	25	6	Early December	1	1	1	3	4	Medium brown	55
36	P220-1-11	9.1	Thick	15	5	Late December	1	0	1	2	3	Medium brown	55
37	P220-2-1	4.8	Medium	60	7	Late December	5	4	3	12	3	Medium brown	65
38	P220-2-2	5.9	Thin	20	8	Early December	4	5	6	13	12	Medium brown	95
39	P220-2-3	5.8	Thick	30	4	Early December	4	6	6	14	13	Medium brown	50
40	P220-2-4	7.5	Thick	40	5	Early December	0	0	1	1	1	Dark brown	50
41	P220-2-5	5.9	Thick	10	6	Early December	16	15	7	38	18	Medium brown	70
42	P220-2-6	7.3	Thick	30	6	Mid- December	1	2	1	4	2	Light brown	70
43	P220-2-7	7.6	Thin	20	8	Early December	2	2	6	10	5	Medium brown	85
44	P220-2-9	7.1	Thick	50	6	Late December	1	2	4	7	4	Dark brown	70
45	P220-2-10	8.1	Thick	30	7	Mid- December.	1	1	2	4	3	Medium brown	60
46	P220-2-11	8.1	Thick	30	7	Mid- December	1	0	1	2	3	Medium brown	30
47	P220-2-13	6.0	Medium	30	8	Early December	1	0	0	1	1	Dark brown	40
48	P220-2-14	5.1	Thick	30	7	Early December	1	0	1	2	2	Medium brown	35
49	P220-2-16	6.0	Medium	20	8	Early December	0	1	5	6	3	Medium brown	35
50	P220-2-17	5.1	Medium	20	7	Early Dec	0	0	1	1	1	Medium brown	40
Minimum	کمینه	4.2	1	30	3	1	-	-	-	-	1	1	30
Maximum	بیشینه	11.3	3	90	9	7	-	-	-	-	65	5	100
Mean	میانگین	7.789	1.98	72.5	6.36	4.64	-	-	-	-	11.98	3.0	70.84
Standard error	اشتباه معیار	-	-	1.6992	0.200	0.254	-	-	-	-	1.85	0.099	2.59
Standard deviation	انحراف معیار	-	-	11.96	1.411	1.793	-	-	-	-	13.08	0.700	18.314
Variance	واریانس	-	-	143.1	1.99	3.215	-	-	-	-	171.163	0.490	335.402

*Pecan genotypes were grouped for kernel removal into: 1 (very hard) to 9 (very easy).

*ژنوتیپ‌های پکان از نظر سهولت جدا شدن مغز از پوست: ۱ (بسیار سخت) تا ۹ (بسیار راحت) گروه بندی شدند.

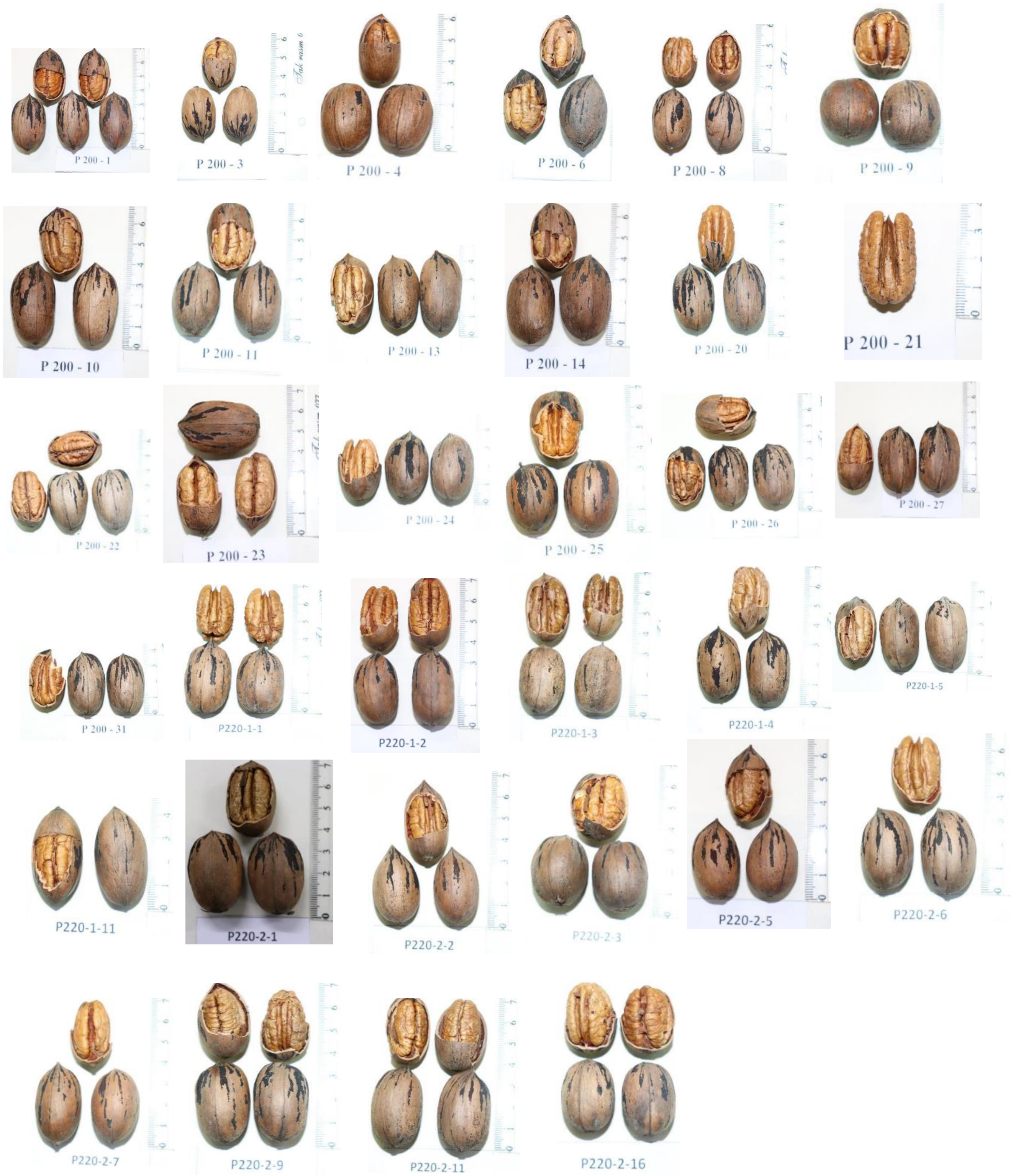
جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین خصوصیات کمی و ویژگی های کیفیت ژنوتیپ‌های پکان

Table 3. Simple correlation coefficients between quantitative charcteristics and quality properties of pecan genotypes

Characteristic	خصوصیت	طول میوه Nut length	عرض میوه Nut width	نسبت طول به عرض میوه Nut length: Nut width ratio	وزن میوه Nut weight	ضخامت پوست Shell thickness	درصد میوه‌های پوک Blank Nuts (%)	سهولت جدا شدن مغز Kernel removal	زمان بازشدن جوانه ها Buds breaking time	ناهمرسی Dichogamy	زمان رسیدن میوه Fruit ripening time	شاخص عملکرد Yield index	رنگ مغز Kernel color
Nut width	عرض میوه	0.596**											
Length: Width ratio	نسبت طول به عرض میوه	0.294*	0.054										
Nut weight	وزن میوه	0.386**	0.440**	0.018									
Shell thickness	ضخامت پوست	0.076	-0.007	0.202	-0.035								
Blank nuts (%)	درصد میوه های پوک	-0.199	-0.199	-0.029	0.022	0.043							
Kernel removal	سهولت جدا شدن مغز	0.081	0.113	-0.089	0.160	0.597**	0.059						
Bud breaking time	زمان باز شدن جوانه ها	0.211	0.029	-0.262	-0.042	-0.015	0.006	0.249					
Dichogamy	ناهمرسی	0.155	-0.061	0.268	-0.126	0.283	0.022	0.013	-0.029				
Fruit ripening time	زمان رسیدن میوه	-0.230	-0.082	0.024	0.037	0.066	0.358*	0.156	-0.141	-0.125			
Yield Index	شاخص عملکرد	0.092	0.163	-0.130	0.330*	0.165	0.113	0.281	0.174	0.058	-0.065		
Kernel color	رنگ مغز	0.158	0.062	0.066	0.183	0.025	0.081	-0.050	0.033	0.285*	0.220	0.249	
Heat stress damage (%)	درصد خسارت تنش گرما	0.237	0.234	0.016	0.226	0.024	0.076	0.025	0.011	0.136	0.147	0.323*	0.311*

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at the 5% and !% probability levels, respectively.



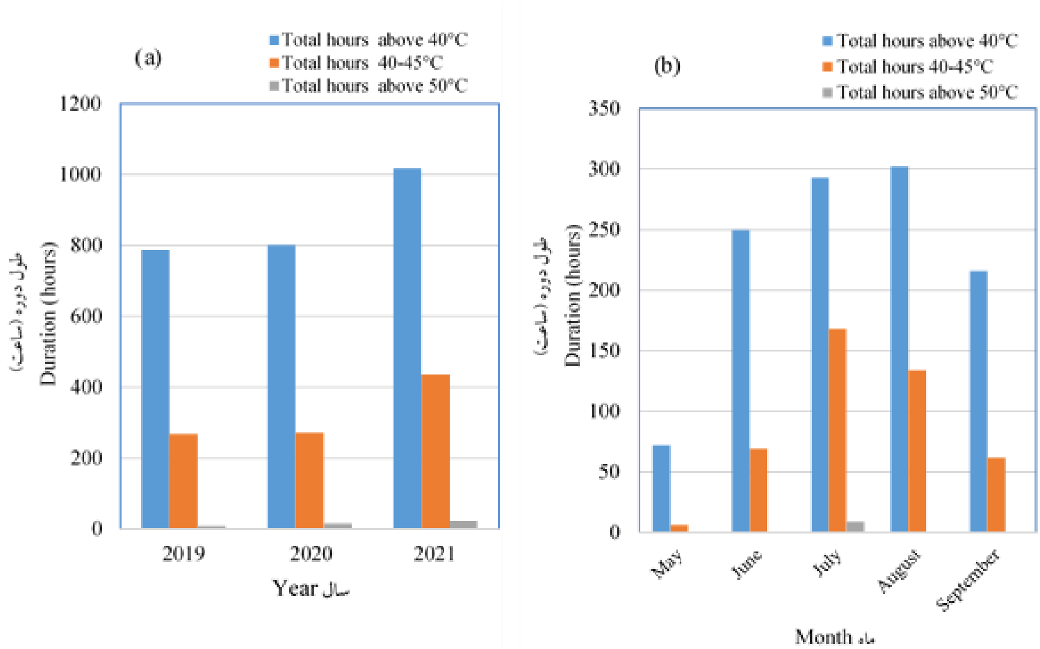
شکل ۱- عکس های میوه ژنوتیپ‌های مختلف پکان

Fig. 1. Photos of fruit of different pecan genotypes

ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های پکان به تنش گرما

برای ارزیابی خسارات تنش گرمای تابستان به ژنوتیپ‌های پکان، اطلاعات ساعت به ساعت شبانه روز از اردیبهشت تا پایان شهریور سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد گردآوری و مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲)

بررسی آمار هواشناسی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ نشان داد که شدت تنش گرما در تابستان ۱۴۰۰ بسیار شدید بود (شکل ۲b) و اغلب گیاهان حتی درختان بزرگ و تنومند خسارت دیدند، به طوریکه علایم شدید خسارت سوختگی برگ‌ها و جوانه‌های انتهایی در آنها مشاهده شد. مجموع ساعات با دماهای بیش از ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲ ارائه شده است.



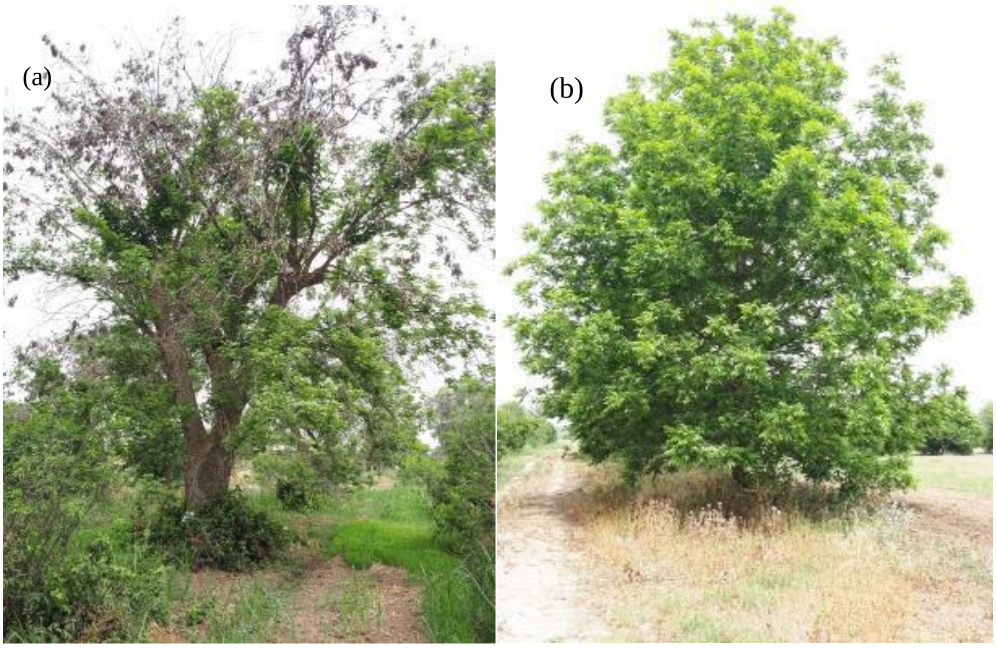
شکل ۲- (a): مقایسه شدت گرما در سال های ۱۴۰۰-۱۳۹۸ و (b): مجموع ساعات با دماهای بالاتر از ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در صفی آباد دزفول

Fig. 2. (a): comparison of heat intensity in 2019-2021 and (b): total hours with temperatures higher than 40°C, 45°C and 50°C in 2021 in Safi Abad, Dezful, Iran

بررسی وضعیت رشد رویشی درختان پکان در سال اول نشان داد که اگر چه شدت گرمای تابستان سال ۱۳۹۸ در تیر و مرداد زیاد بود (شکل ۲b) اما علایم خسارت تنش گرما روی برگ‌ها و جوانه های انتهایی اغلب درختان چندان قابل ملاحظه نبود. بررسی وضعیت رشد رویشی درختان در سال ۱۳۹۹ نشان داد که در تیر و مرداد شدت گرمای تابستان بیشتر از سال ۱۳۹۸بود و علایم خسارت تنش گرما روی برگ‌ها و جوانه های انتهایی اغلب درختان قابل

ملاحظه بود. آمار هواشناسی در ۱۳۹۹ نشان داد که مجموع ساعات شبانه روز با دمای بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد در طول ماه‌های گرم به ۲۷۱ ساعت رسید که در مقایسه بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود (شکل ۲) و باعث شد تنش بیشتری به درختان وارد شود.

بررسی وضعیت رشد درختان پکان در سال ۱۴۰۰ نشان داد که رشد رویشی آنها در تیر و مرداد کاملا متوقف شد و علایم خسارت تنش گرما روی برگ‌ها و جوانه های انتهایی اغلب ژنوتیپ‌ها بسیار شدید بود. آمار هواشناسی در سال ۱۴۰۰ نشان داد که مجموع ساعات شبانه روز با دمای بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد در طول ماه‌های گرم تابستان به بیش از ۴۳۰ ساعت رسید (شکل 2a) که در مقایسه با سال ۱۳۹۹ باعث شد همه درختان از ژنوتیپ‌های مختلف بجز ژنوتیپ P200-23 از تنش گرما آسیب دیدند. نتایج نشان داد ۶۵ تا ۷۰ درصد سرشاخه‌های ژنوتیپ‌های P220-2-11، P220-2-14 و P220-2-16 در اثر تنش گرمای تابستان سال ۱۴۰۰ دچار خشکیدگی سر شاخه ها شدند اما تحمل ژنوتیپ P200-23 در برابر تنش گرما استثنایی بود (شکل ۳).



شکل ۳- اثر تنش گرمای شدید تابستان سال ۱۴۰۰: (a) علایم خشکیدگی سرشاخه‌های ژنوتیپ P220-2-16 و (b) سرشاخه های بدون علایم خشکیدگی ژنوتیپ P200-23

Fig. 3. Effect severe heat stress in summer 2021: (a) drying symptoms of the branches in P220-2-16 genotype and (b) branches without drying symptoms in P200-23 genotype

نتایج نشان داد که شاخص عملکرد در ژنوتیپ‌های P200-23، P220-1-1، P200-9،

P200-1 و P200-11 به ترتیب با ۶۵، ۴۹، ۳۹، ۳۲ و ۳۰ گرم به ازاء هر سانتی متر مربع از سطح مقطع تنه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود (جدول ۲). همچنین ژنوتیپ P220-1-1 با عملکرد بالا و میوه‌هایی با مغز پر که براحتی از پوست جدا می‌شدند به عنوان دومین ژنوتیپ برتر شناسایی شد. خسارت تنش گرما در تابستان سال ۱۴۰۰ در این ژنوتیپ کمتر از ۲۰ درصد بود (شکل ۴).



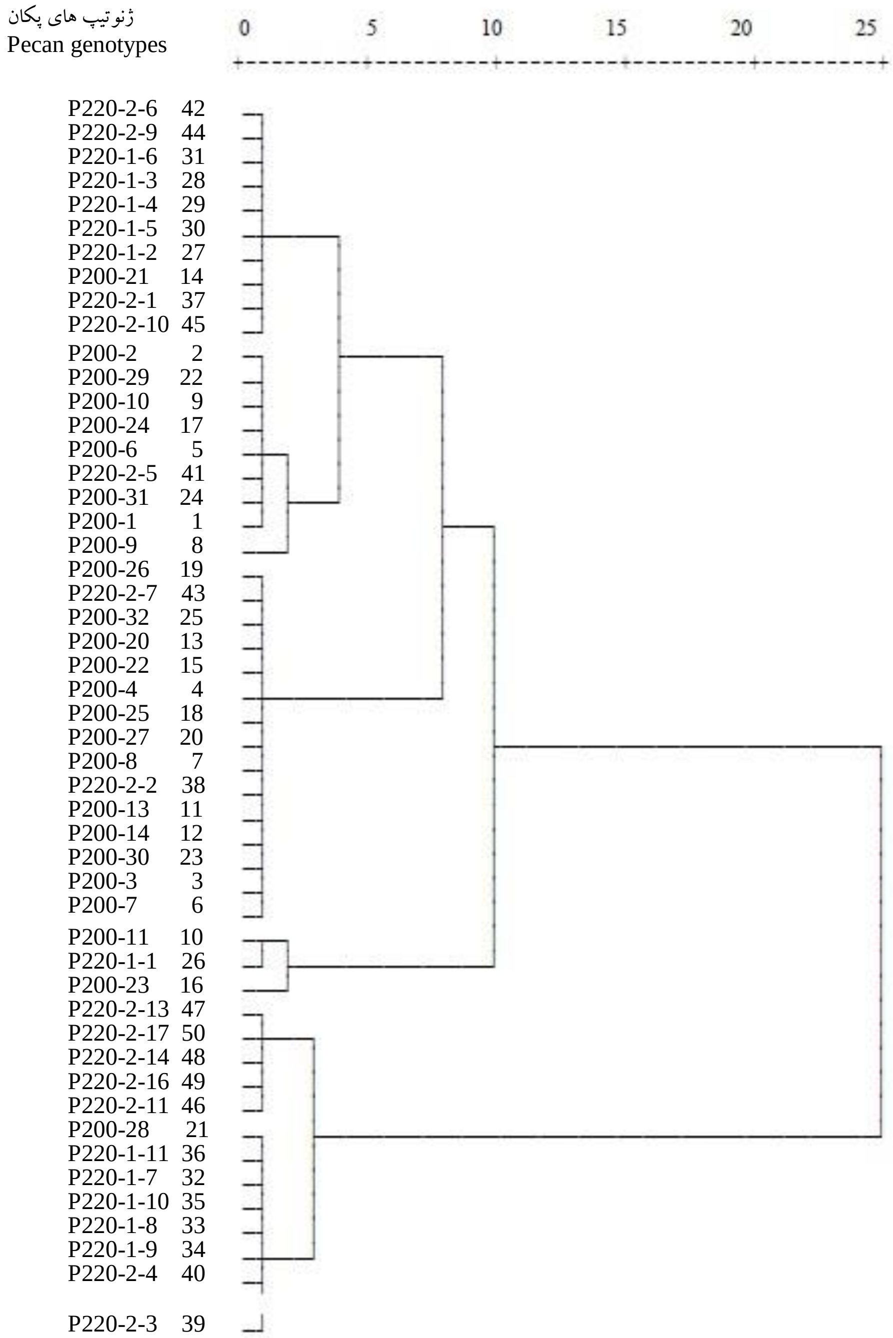
شکل ۴- انبوه تولید میوه با مغز طلایی روشن در ژنوتیپ P200-23 (بالا) و سهولت جدا شدن مغز در ژنوتیپ P220-1-1 (پایین)

Fig. 4. Cluster of fruit production with golden bright kernel color in P200-23 (above) and easy kernel removal in P220-1-1 (below)

گروه بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی پکان

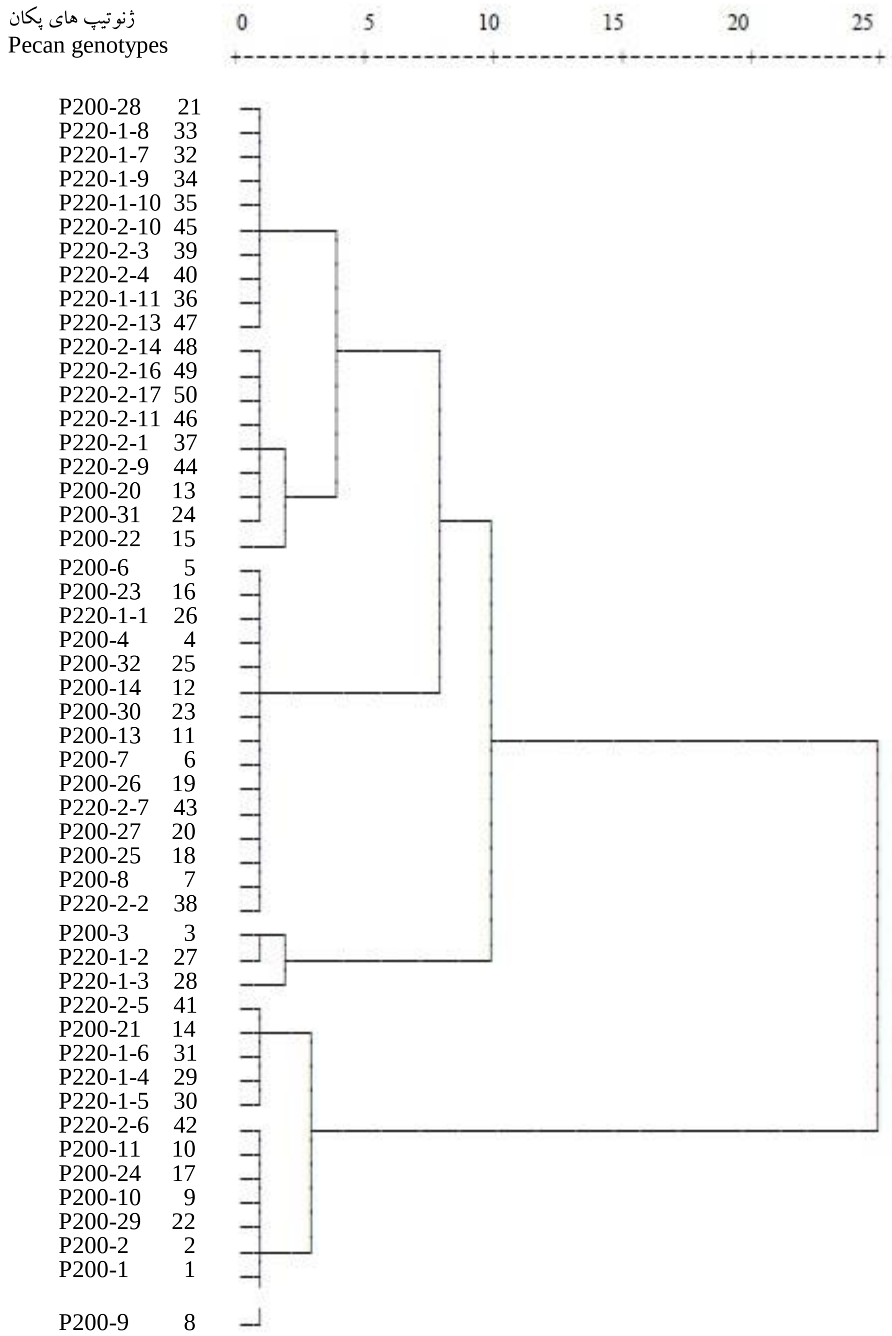
ژنوتیپ‌های پکان بر اساس چهار خصوصیت اصلی شاخص عملکرد، تحمل به تنش گرما، سهولت جدا شدن مغز و میانگین وزن میوه گروه بندی شدند (شکل ۵). همانگونه که در دندروگرام دیده می شود، ژنوتیپ‌ها در فاصله پنج اقلیدسی در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۵). در بین ۵۰ ژنوتیپ پکان، ژنوتیپ های P200-11، P220-1-1 و P200-23 در یک گروه مستقل قرار گرفتند. در شکل ۶ گروه بندی ژنوتیپ‌های پکان بر اساس خصوصیات موفولوژیک، فنولوژیک و عملکرد در فاصله ۵ و ۱۰ اقلیدسی نشان داده شده است. با ارزیابی این خصوصیات، ژنوتیپ‌ها در فاصله پنج

اقلیدسی در پنج گروه و در فاصله ۱۰ اقلیدسی در سه گروه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ های P220-1-1 و P200-23 در بین ۵۰ ژنوتیپ پکان در گروه متفاوتی قرار گرفتند.



شکل ۵- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای برای ۵۰ ژنوتیپ پکان با استفاده از چهار خصوصیت اصلی شاخص عملکرد، تحمل به تنش گرما، سهولت جدا شدن مغز و میانگین وزن میوه

Fig. 5. Dendrogram of cluster analysis four 50 pecan genotypes using four main characteristics of yield index, tolerance to heat stress, kernel removal and mean fruit weight



شکل۶- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای برای ۵۰ ژنوتیپ پکان با استفاده از خصوصیات مورفولوژیک، فنولوژیک و عملکرد

Fig. 6- Dendrogram of cluster analysis for 50 pecan genotypes using morphological, phenological and yield characteristics

تجزیه به عامل ها:

تجزیه به عامل ها توانست خصوصیات مورد ارزیابی ژنوتیپ های پکان شامل: طول میوه، قطر میوه، نسبت طول به قطر میوه (شکل میوه)، وزن میوه، ضخامت پوسته، درصد میوه پوک، سهولت جدا شدن مغز، دیربرگدهی، ناهمرسی، زمان رسیدن میوه، عملکرد، رنگ مغز و درصد خسارت تنش گرما را به صورت چهار عامل اصلی بیان نماید که در بین آنها عامل اول و دوم بیشترین سهم را در توجیه واریانس کل داشتند. میزان واریانس نسبی هرعامل نشان دهنده اهمیت آن عامل در واریانس کل صفات مورد بررسی است و به صورت درصد بیان شده است. در تجزیه به عامل‌ها مجموعا چهار عامل اصلی و مستقل، که مقادیر ویژه آنها بالاتر از یک بودند، توانستند بیش از ۷۰ درصد واریانس کل را توجیه کنند (جدول۴).

در تجزیه به عامل‌ها، خصوصیاتی مانند طول میوه، ضخامت پوسته و درصد پوکی عامل اول (PC1) را تشکیل دادند که ۳۵ درصد از سهم واریانس کل را به خود اختصاص داد. خصوصیات وزن میوه، عملکرد و تحمل به تنش گرما عامل دوم (PC2) را تشکیل دادند که ۳۲ درصد از واریانس کل را توجیه کرد. این دو عامل مجموعا ۶۷ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. خصوصیات نسبت طول به قطر میوه و ناهمرسی عامل سوم (PC3) را تشکیل دادند که ۲۱ درصد از واریانس کل را توضیح داد. خصوصیت دیربرگدهی(زمان باز شدن جوانه) عامل چهارم (PC4) را تشکیل داد که هشت درصد از واریانس کل را توجیه کرد (جدول ۴).

جدول ۴ – تجزیه به عامل‌ها و مقادیر عاملی برای هر خصوصیت ژنوتیپ‌های پکان

Table 4. Factor analysis and factor values for each characteristics of pecan genotypes

		Factor		عامل	
Characteristic	خصوصیت	1	2	3	4
Nut length	طول میوه	0.875	0.100	0.101	0.408
Nut width	عرض میوه	0.443	0.019	-0.625	0.563
Nut length: width ratio	نسبت طول: عرض میوه	.643	.037	0.753	0.084
Nut weight	وزن میوه	-0.060	-0.100	-0.167	0.971
Shell thickness	ضخامت پوسته	0.883	0.337	0.021	-0.327
Blank nut (%)	درصد پوکی میوه	0.937	-0.209	0.212	-0.156
Kernel removal	سهولت جدا شدن مغز	-0.175	0.563	-0.775	-0.195
Bud breaking time	زمان بازشدن جوانه	0.072	0.854	-0.302	0.407
Dichogamy	ناهمرسی	0.217	-0.257	0.876	-0.242
Fruit ripening time	زمان رسیدن میوه	-0.897	-0.019	-0.106	-0.307
Yield index	شاخص عملکرد	0.154	0.085	-0.007	0.984
Kernel color	رنگ مغز	-0.088	-0.981	0.108	0.135
Heat stress damage (%)	درصد خسارت تنش گرما	0.039	0.074	0.016	0.996

بحث

پکان به عنوان یک میوه خشک در مناطق گرم دنیا قابل پرورش است (Sparks, 2000) اما استفاده از ارقامی که علاوه بر عملکرد کمی و کیفیت بالا و سازگاری با شرایط خاص اقلیم هدف را داشته باشند بسیار ضروری است (Conner and Worley 2002; Graham, 2013).

بررسی آمار هواشناسی دزفول در سال های ۱۴۰۰–۱۳۹۸ نشان داد که تنش شدید گرما درختان پکان را تحت تاثیر قرار داد. شدت گرما در تابستان سال ۱۴۰۰ به حدی بود که حتی درختان چند ده ساله و بزرگ پکان نیز دچار خسارت شدند. استمرار روزهای با دمای بیش از ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد باعث شد تا شاخه ها و برگ‌های جوان درختان دچار برگ‌سوزی و در نتیجه خشکیدگی سر شاخه ها شوند. به عنوان مثال: دما در تاریخ یازدهم تیر ۱۴۰۰ در صفی‌آباد دزفول به مدت ۱۲ ساعت بالاتر از ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود که بیانگر شدت تنش گرما از ساعات اول روز تا بعد از غروب آفتاب بود. نکته بسیار مهم، تحمل به تنش گرمای بالا در برخی ژنوتیپ‌ها به ویژه ژنوتیپ P200-23 بود.

افزایش دما که معمولا در شرایط دزفول از اوایل بهار شروع می شود و در اواسط تابستان به سرشاخه های درختان پکان خسارت می زند، باعث رکود رشدی در شاخه های سال جاری، به ویژه لایه بیرونی تاج درخت می شود. اگر شدت گرما با دمای بالاتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد از آستانه تحمل درخت فراتر رود، حاشیه برگ‌ها و در تنش‌های شدید کل پهنک برگ دچار خشکیدگی می‌شوند. محدود شدن رشد شاخه‌های سال جاری و سوختگی سرشاخه‌های یکساله از یک سو باعث ازبین رفتن میوه‌های تشکیل شده سال جاری و محدود شدن تشکیل گل و میوه در سال آینده می شود و از سوی دیگر با آسیب دیدن پهنک برگ توان تولید مواد فتوسنتزی راکاهش داد.

این رویدادها در نهایت با کاهش عملکرد در سال جاری و محدود شدن عملکرد در سال آینده اثر خود را نشان می‌دهد. همبستگی بین شاخص عملکرد و درصد خسارت تنش گرما در ژنوتیپ های مختلف مورد بررسی در این پژوهش، این نتیجه گیری را تایید کرد. تحمل به تنش گرمای ژنوتیپ P200-23 همراه با عملکرد بالای آن موجب شد تا این ژنتیپ در گروه مستقل از سایر ژنوتیپ‌ها قرار گیرد و به عنوان یک ژنوتیپ امیدبخش شناسایی شود. دستیابی به یک ژنوتیپ پرمحصول پکان در داخل کشور، مهمترین دستاورد این پژوهش بود. انگشت نگاری DNA از ژنتیپ P200-23 با استفاده از نشانگرهای مولکولی، تعیین دقیق ویژگی های کیفیت میوه ازجمله تعیین ترکیب اسیدهای چرب به ویژه میزان اولئیک اسید، تعیین دقیق میزان نیاز آبی و کودی و تعیین تقویم زمان گرده‌افشانی از مهمترین برنامه‌های پژوهشی تکمیلی در آینده برای معرفی این ژنوتیپ برای مناطق با اقلیم مشابه دزفول می باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از آقای دکتر علیرضا شفیعی زرگر پژوهشگر باغبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول که در اجرای پروژه همکاری کرد سپاسگزاری می کنند. همچنین از آقای مهندس کرمی نژاد رئیس ایستگاه سینوپتیک صفی‌آباد به دلیل همکاری در جمع آوری اطلاعات هواشناسی نیز تشکر می نمایند.

Refernces

Ajamgard, F. 2022. Selection of pecan cultivars aiming to release vigorous and heat stress tolerant rootstocks. Journal of Nuts 13 (1): 57-70.

Ajamgard, F., Rahemi, M., and Hasani, D. 2013. Introduce of pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) for Khuzestan province. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2 (2): 129-142 (in Persian).

Ajamgard, F., Rahemi, M., and Vahdati, K. 2017. Determining the pollinizer for pecan cultivars. Journal of Nuts 8 (1): 41-48.

Conner, P. J., and Worley, R. E. 2000. Alternate bearing intensity of pecan cultivars. HortScience 35 (6): 1067-1069.

Conner, P. J., and Worley, R. E. 2002. Performance of 15 pecan cultivars and selections over 20 years in southern Georgia. HortTechnology 12 (2): 274-281.

Elarabi, N., and Elsoda, A. 2017. Molecular evaluation of genetic diversity among seven genotypes of pecan (*Carya Illinoinensis*). Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology 8 (2): 27-33.

Florkoski, W. J., Croker, T. F., and Humphries, G. 1999. Commercial pecan tree inventory, Georgia 1997. The University of Georgia College of Agriculture and Environmental Science, Experimental Stations. Research Report No. 678. Athens, Georgia.

Ghazaeian, M. 2014. Vegetative and reproductive characteristics of some pecan (*Carya Illinoinensis*) genotypes in Golestan province, Iran. Seed and Plant Improvement Journal 30 (1): 191-206 (in Persian).

Graham, C. J. 2015. Native pecan germplasm in Louisiana. Acta Horticulturae 1070: 133-136.

Grauke, L. J., Thompson, T. E., and Marquard, R. D. 1995. Evaluation of pecan germplasm collections and designation of a preliminary core subset. HortScience 30

(5): 950-954.

Pearce, S. C., and Doberšek-Urbanc, S. 1967. The measurement of irregularity in growth and cropping. Journal of Horticultural Science 42 (3): 295-305.

Sparks, D. 1997. A climatic model for predicting Georgia's pecan production. Journal of American Society for Horticultural Science 122 (5): 648-652.

Sparks, D. 1997. 'Desirable' pecan. Fruit Varieties Journal 12 (2): 13-15.

Sparks, D. 2000. Pecan in warm climate. pp. 381-403. In: Erez, A. (ed.) Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Springer, The Netherlands.

Thompson, T. E., and Grauke, L. J. 2000. 'Pawnee' pecan. Journal of American Pomological Society 54 (3): 110-113.

Tommy, E., Thompson, T. E., and Grauke L. 1996. Standards using the Munsell color notation system. Journal of American Society for Horticulture Science 121 (3): 548–553.